



Trabajo Fin de Grado

Análisis de la Curva de Kuznets Ambiental para el agua: el caso de la Unión Europea

Autor

Pilar Bono Chaure

Directoras:

Rosa Duarte

Ana Serrano

Facultad de Economía Y Empresa. Universidad de Zaragoza

Curso 2018-2019

Autor: Pilar Bono Chaure

Directores: Rosa Duarte y Ana Serrano

Título: Curva de Kuznets Ambiental: Análisis de la Curva de Kuznets para el agua: el caso de la Unión Europea

Titulación: Grado en Administración y Dirección de Empresas

RESUMEN

Hoy en día nos enfrentamos a serios desafíos medioambientales que ponen en tela de juicio la sostenibilidad de nuestro planeta. Por ello existe un elevado interés en analizar cómo el crecimiento económico afecta a nuestra calidad ambiental, en busca de una solución al problema medioambiental para lograr un futuro más sostenible.

La curva de Kuznets ambiental (CKA) es la hipótesis que relaciona la renta y la degradación ambiental alegando una forma de U invertida. Al principio, el crecimiento económico aumenta, al igual que la degradación, hasta llegar a un punto donde cuanto más se incrementa la renta, menor es el impacto negativo ambiental.

Resulta interesante, en el contexto de esta hipótesis, tratar de averiguar si afecta el desarrollo económico de forma positiva o negativa a la sustentabilidad del agua. Por ello, nuestro trabajo analiza la relación del consumo del agua per cápita con respecto a la renta en diecisiete países miembros de la unión europea.

Para ello, utilizamos datos de panel entre el periodo 1995-2014. Los resultados de la estimación no son concluyentes aunque arrojan evidencia sobre una posible CKA y una tendencia positiva hacia un impacto menos dañino para los recursos hídricos.

ABSTRACT

Nowadays we are facing serious environmental challenges that put into question our planet's sustainability. For this reason, there is a high interest in analyzing how economic growth affects our environmental quality, with the aim of finding a solution to environmental problem, to achieve a sustainable future.

The environmental Kuznets curve (EKC) hypothesizes the relationship between income and environmental degradation follow an inverted U-shape. Initially, economic growth increases, as well as degradation, until the achievement of a turning point, where the more income increases, the lower degradation impacts.

It is interesting, in this EKC context, to try to find out if economic development affect in a positive or negative way water sustainability. Therefore, our study analyzes water consumption and per capita income of seventeen European union's countries.

For this purpose, we use panel data between 1995-2014. The results of the estimation are inconclusive, although they show a form of a possible EKC and a positive trend towards a less damaging impact on water resources.

ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
SECCIÓN I. INTRODUCCIÓN	6
SECCIÓN II. REVISIÓN DE LA LITERATURA	8
2.1. Fundamentos de la CKA	10
i) La elasticidad ingreso de la demanda de calidad ambiental.....	11
ii) Efecto del comercio internacional.....	11
ii) El papel del marco institucional.....	12
2.1.3. Relación ingreso y agua.....	12
SECCIÓN III. CASO DE ESTUDIO.....	14
3.1. Fuentes estadísticas.....	14
3.2. Aspectos económicos y estructurales.....	15
3.3. Evolución histórica.....	18
SECCIÓN IV. MODELO ECONOMETRICO DE LA CKA	21
4.1 Modelo 1.....	22
4.2 Modelo 2.....	24
4.3 Modelos 3 y 4.....	25
CONCLUSIONES	27
BIBLIOGRAFÍA	29

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 3.2. PIB per cápita 1995-2014.....	16
Figura 3.3. Estructura sectorial año 2014.....	16
Figura 3.4. Evolución PIB y consumo de agua per cápita para el periodo 1995-2014...17	
Figura 3.5. Diagrama de dispersión periodo 1995-2014.....	18
Figura 3.6. Comparativa de modelos.....	19
Figura 3.7. Evolución comparativa de modelos periodo 1995-2014.....	20
Figura 3.8. Consumo medio de agua por habitante periodo 1995-2014.....	21
Figura 4.1. Histograma de frecuencias de residuos modelo 1.....	25
Tabla 3.1. Unidades de medida de las variables.....	15
Tabla 4.1. Modelo 1 estimado por MCO con desviaciones típicas robustas.....	23
Tabla 4.2. Resultados de estimación MCO con desviaciones robustas modelo 2.....	26
Tabla 4.3. Comparativa de estadísticos más importantes.....	25
Tabla 4.4. Comparativa de los modelos.....	26

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

El cambio climático ya no es una amenaza distante, sino una realidad visible; la temperatura global aumenta a niveles alarmantes, el progresivo deshielo de las masas glaciares, la subida del nivel del mar, las elevadas concentraciones de gases de efecto invernadero, sequías, mega-incendios, etc., son algunas de las consecuencias medioambientales a la que nos enfrentamos hoy en día.

Este cambio del clima global también afecta a nuestros recursos hídricos. Se está experimentando una tendencia creciente del uso del agua y una insuficiente conciencia política para desarrollar prácticas sostenibles para su protección y gestión eficiente. Desde la década de 1980 se ha aumentado el consumo de agua un 1% por año, propiciado por las demandas de los países en desarrollo y economías emergentes. (IPCC, 2014), y se estima que siga aumentando hasta 2050, hasta llegar a un aumento del 20 al 30% por encima del nivel actual de uso del agua (Burek et al., 2016).

“En el 2030, el 47% de la población mundial vivirá en zonas con estrés hídrico, siendo los factores demográficos y un aumento del consumo los principales responsables de la presión ejercida por los recursos hídricos”. (WWAP, 2019)

Es un hecho que en la actualidad el agua es un recurso bajo bastantes presiones y cada vez más escaso en el mundo, con el factor del cambio climático y el auge del crecimiento demográfico que plantea hoy en día un serio desafío para la seguridad hídrica.

Las investigaciones sobre la relación entre medio ambiente y economía empezaron a proliferar en la década de los setenta. En esta época se elevó la preocupación por el tema medioambiental, intensificándose el número de eventos relativos a los problemas ambientales y futuros desafíos.

El primero y más significativo del momento fue la conferencia de las Naciones Unidas celebrada en Estocolmo en 1972, donde se abordó por primera vez la existencia de un problema ambiental relacionado al desarrollo económico. Este acontecimiento planteó la necesidad de crear pautas comunes y un compromiso político para lograr un desarrollo sostenible, que en Europa se hizo visible en las posteriores políticas y directrices ambientales, además de promover la creación del programa de naciones unidas sobre medio ambiente (PNUMA).

Más adelante se efectuaron diversas investigaciones e informes asociados a la problemática desarrollo-medioambiente, donde destaca por su gran repercusión y polémicos datos el informe de los límites del crecimiento (Meadows et. al., 1972). En él, se analizaron por primera vez los impactos ambientales ligados al desarrollo económico. Este informe sugirió que si se mantiene el continuo crecimiento de la población, capital industrial, producción de alimentos, consumo de recursos y contaminación, se alcanzarán los límites absolutos de crecimiento de la Tierra durante los próximos 100 años, donde el resultado sería un declive súbito de la población y de la capacidad industrial. A partir de entonces, la cuestión de los límites físicos del crecimiento económico fue un tema que incluso preocupaba al ciudadano común.

En este contexto, fueron proliferando los informes relacionando el desarrollo económico con el problema de sustentabilidad, alentando a las naciones a tomar medidas y a promover grandes tratados y protocolos, destacando entre ellos:

Los informes de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). Básicamente proporcionan proyecciones sobre el futuro, los riesgos que conlleva el cambio climático y sus potenciales repercusiones medioambientales, fomentando con sus datos el apoyo para establecer políticas ambientales y para las negociaciones de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Clima y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

El protocolo de Kioto, adoptado en 1997, fue el primer compromiso internacional contra el calentamiento global. En él se establecieron objetivos de un 5% de reducción de emisiones de seis gases de efecto invernadero para el periodo 2008-2012, con respecto a los niveles de 1990. Con su entrada en vigor en 2005, se constituyeron nuevas leyes y mecanismos a nivel nacional.

La Conferencia de París sobre el Clima en 2015, donde se acordó, entre otras cosas, delimitar el objetivo a largo plazo de mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de los 2 °C sobre los niveles preindustriales. (Comisión Europea)

El convenio del Agua o de Helsinki, 1992, con el objetivo de asegurar la calidad y cantidad de los recursos hídricos en la región de la CEPE (Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas). En él se constituyeron acuerdos multilaterales y medidas reforzadas para un uso más sustentable. Posteriormente derivado de dicho

convenio, surgió el Protocolo sobre Agua y Salud en 1999, siendo éste el primer acuerdo vinculante que relaciona la gestión sostenible del agua con la salud.

La Directiva Marco del Agua (DMA), con su entrada en vigor en el año 2000, se creó debido a la necesidad de unificar las políticas de gestión de aguas en la Unión Europea. A causa del continuado aumento poblacional y por ende, de la demanda de agua, fijaron principios de gestión de los recursos hídricos, como por ejemplo, la determinación de zonas protegidas para la conservación de hábitats, la aplicación de costes a diversos servicios del agua para incentivar su uso eficiente y otras medidas y prohibiciones para garantizar la racionalidad y futura sustentabilidad hídrica.

Estos relevantes tratados y normativas son un claro ejemplo de cómo el mundo y en concreto Europa, toma conciencia sobre nuestra situación ambiental actual. Uno de los instrumentos más aclamados y utilizados para investigar cómo el efecto del desarrollo económico afecta al medioambiente es la llamada Curva de Kuznets Ambiental (CKA).

Por ello, en este trabajo se pretende contrastar la veracidad empírica de la CKA para el consumo de agua de diecisiete países miembros de la Unión Europea. En el Capítulo II se hace una revisión de la literatura en el Capítulo II donde se explican los fundamentos de la CKA y qué factores influyen en ella. En el Capítulo III se describen los datos y las variables de análisis. Posteriormente, el Capítulo IV ofrece los resultados del modelo econométrico planteado y, por último, se relatan las principales conclusiones en el Capítulo V.

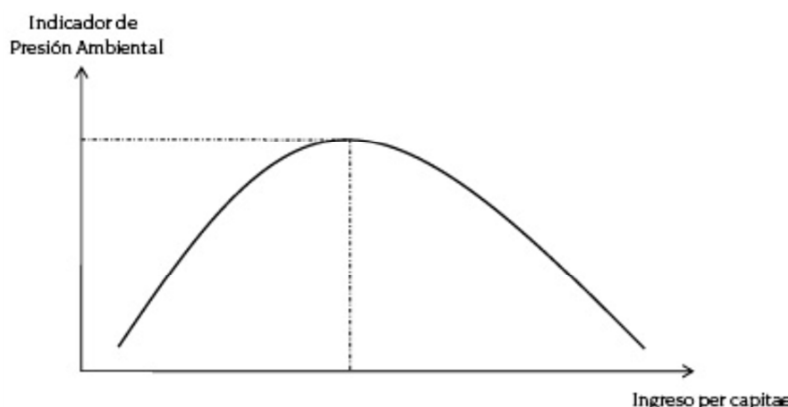
CAPITULO II: REVISIÓN DE LA LITERATURA

Simon Kuznets (1955) plateó una conexión entre el crecimiento económico de un país con la desigualdad en su artículo "Economic Growth and Income Inequality". Sus interesantes resultados han sido un tema de intenso debate que sigue aún vigente en nuestros días. Este informe marcó el rumbo de las investigaciones con respecto al medioambiente, más concretamente, tratando de averiguar si existe un vínculo entre el crecimiento de un país y el empeoramiento de la calidad ambiental. Aún en nuestros días, la hipótesis más relevante para explicar esta relación es la curva ambiental de Kuznets (CKA), definida por primera vez por Shafik y Bandyopadhyay (1992) y Panayotou (1993).

La hipótesis postula la existencia de una relación de U invertida entre el crecimiento económico y la degradación ambiental, de forma que el deterioro ambiental es una función creciente del nivel de actividad económica, hasta que se alcanza un umbral de renta a partir del cual mejora la calidad ambiental. Esto significa que, un mayor nivel de ingreso per cápita corresponde a una mejora de la calidad medioambiental (Grossman y Krueger, 1995). Esto se explica de la siguiente forma:

En una fase inicial, un país basa su economía en el sector agrícola y en la explotación de los recursos naturales, con un fuerte impacto sobre la calidad ambiental y en donde las tecnologías más limpias y eficientes no están disponibles. En este punto la relación entre los ingresos y el deterioro ambiental es positiva y creciente. Al llegar a un estado de mayor desarrollo, con mejoras en todos los sectores, se empiezan a cambiar las fuentes de energía que mitigan el deterioro ambiental, acercándose a un punto crítico en el cual la contaminación persiste estable sin seguir aumentando. Una vez se ha alcanzado este punto de inflexión, el nivel de desarrollo ocasiona una mayor concienciación pública y una implementación de políticas de proteccionismo medioambiental, originándose una disminución de la degradación. El motivo primordial de ello es el cambio estructural a favor del sector servicios, el cual es menos generador de residuos, y ocasionando de esta forma un mantenimiento del crecimiento económico y una bajada de los contaminantes. En ese momento es cuando se origina la fase decreciente de la curva y comienza a verse la forma de U invertida (Grossman y Krueger; 1991).

Figura 2.1 Curva de Kuznets Ambiental



Fuente: elaboración propia

La pendiente de esta hipótesis desprende importantes connotaciones; el producto interior bruto podría ser la solución para el problema ambiental (Galeotii, 2006), ya que

el agravamiento de la calidad ambiental es una condición necesaria para seguir creciendo económicamente, pero al pasar el punto crítico mencionado, mejorará progresivamente la calidad ambiental. Otra implicación que se puede abstraer, es que la única manera de conseguir un medioambiente idóneo es que las naciones se vuelvan ricas (Beckerman, 1992).

Estas afirmaciones han sido, y siguen siendo cuestionadas por gran parte de autores, por ello es tan interesante y significativa la comprobación del cumplimiento de la CKA en nuestros días.

2.1. FUNDAMENTOS DE LA CKA

En el trabajo los efectos del NAFTA del medio ambiente, Grossman y Krueger (1991) proyectaron tres efectos causantes de la pendiente de la CKA; efecto escala, técnico y composición.

El primero de ellos es el impulsor de la fase creciente de la curva. Al aumentar la actividad económica se consumen más recursos y se generan mayores residuos y emisiones, contribuyendo en consecuencia, a una mayor degradación ambiental. De manera que, el crecimiento económico surgido de la intensificación de la producción y creación de bienes y servicios, provoca un efecto escala de impacto nocivo para el entorno.

Sin embargo, dicho crecimiento económico puede repercutir de una forma positiva en el medio ambiente, a través del efecto composición. Las economías llegadas a cierta fase de su desarrollo, cambian su estructura productiva evolucionando a una economía orientada en el sector servicios, mucho más limpio y sustentable que la economía orientada a la producción industrial. El tercer efecto, también es beneficioso para el medio ambiente, siendo el impulsor de la fase decreciente de la curva. El llamado efecto técnico se basa en que el progreso tecnológico reduce la presión del medio ambiente. Lo hace en dos vías. Por una parte, cuanto más rica es una nación mayor presupuesto destinara a la investigación y desarrollo de tecnologías limpias y eficientes, por la otra, el avance tecnológico permite sustituir los recursos altamente contaminantes por otros menos agresivos para la calidad ambiental.

Con respecto a la CKA, la superación del umbral sólo se dará cuando los efectos composición y técnico superen al efecto escala, logrando así revertir la dirección

creciente de la pendiente. Que el impacto de la actividad económica sea beneficioso o nocivo para el medioambiente, dependerá de ellos (Grossman y Krueger, 1991).

Asimismo, la morfología de la U-invertida puede ser justificada por otros factores:

i. La elasticidad renta de la demanda

La elasticidad renta de la demanda ambiental es otra de las principales explicaciones de la pendiente de la CKA. La razón de ello se debe al tipo de bien que se demanda dentro de la sociedad. En este caso, la calidad ambiental que, a diferencia de otros como la nutrición, educación y asistencia sanitaria, no es de primera necesidad. Debido a esto, los sectores más pobres de la sociedad no van a tener incentivos para demandarla. Sin embargo, al alcanzarse un nivel de renta límite, se produciría un cambio en las preferencias de los individuos donde, al aumentar la renta, estarían dispuestos a gastar mayor proporción de recursos en calidad ambiental, como si se tratase de un bien de lujo (Baldwin, 1995; Jaeger, 1998; Pezzy, 1989; Selden y Song, 1994).

Además de esto, según Dinda (2004), la población al ser más adinerada, no sólo demandará medidas para un medio ambiente más limpio y saludable, sino que presionará en favor de tomar medidas de protección y regulaciones ambientales más estrictas.

Por lo tanto, se debe presuponer que la elasticidad de la demanda de calidad ambiental es mayor a la unidad, puesto que se está considerando que una sociedad al llegar a un nivel de desarrollo elevado, prefiere demandar bienes y servicios más sustentables.

ii. Efecto del comercio internacional

El comercio internacional es otra variable para explicar la pendiente de la CKA (Arrow et al. 1995; Stern et al., 1996; Dasgupta et al., 2001). La expansión del comercio acrecienta el tamaño de la economía y por ende genera mayor daño ambiental a través del efecto escala.

Sin embargo, la apertura comercial está generando actualmente una práctica común denominada trampa de la pobreza. Esto es, los países con una estricta regulación en política ambiental relocalizan sus industrias en países en vías de desarrollo, cuyas políticas son más laxas y flexibles. Se produce de esta forma un desplazamiento de las fuentes contaminantes, haciendo que los países desarrollados aparentemente sean más sustentables, pero siendo el problema ambiental global persistente. A este proceso de

relocalización de las industrias se le denomina Haven Pollution Hypothesis (HPH) o hipótesis del Paraíso de Contaminadores, y su cumplimiento hace peligrar el impacto que la elasticidad ingreso de la calidad ambiental ejerce para curvar la pendiente de la CKA (Zilio, 2012).

iii. El papel del marco institucional

Según algunos autores las regulaciones ambientales sí juegan un papel importante en la explicación del patrón de la CKA. En general, los ciudadanos de los países desarrollados presentan un elevado interés y preocupación en que las cuestiones ambientales estén respaldadas por políticas y normativas rigurosas, para velar por la protección del medio ambiente. Este hecho contribuye a la mayor contemplación de medidas ambientales en las regulaciones y leyes de estos países, haciendo que *“a medida que los ingresos aumentan, la capacidad para invertir en mejores condiciones ambientales y la disposición a hacerlo aumentan también”* (Banco Mundial, 1992: 43).

Algunas investigaciones han tratado de introducir los aspectos institucionales como variables explicativas en sus modelos de la CKA, como Shafik y Bandyopadhyay (1992), que estimaron indicadores ambientales en función de indicadores de libertades políticas y civiles, pero no lograron atisbar patrones claros de comportamiento. A pesar de esto, en la mayoría de los estudios no se considera como variable explicativa para describir el grado de deterioro ambiental debido a la dificultad de incluirla en los modelos econométricos, además de la complejidad de separarla de los efectos escala, técnico y composición anteriormente descritos.

Pese a su difícil comprobación empírica en los modelos, las instituciones ejercen un papel muy relevante en generar un desarrollo económico más sustentable, ya que son el principal propulsor de las políticas ambientales y el garante de su cumplimiento. Por ello son indispensables para solventar el problema de la degradación ambiental (Arrow 1995).

2.2. La relación ingreso agua

En la revisión de la literatura de la CKA se ha comentado la hipótesis con la relación de U-invertida ente los niveles de renta per cápita y ciertos contaminantes. Con respecto al

uso del agua la teoría es bastante similar, por ello se comenta en este breve apartado a continuación.¹

El agua se considera un bien normal, puesto que es racional asumir que al incrementarse la renta per cápita también lo hace el consumo de este bien, lo que conllevaría a una elasticidad renta de la demanda positiva. Pero además, como señala Katz (2018), este aumento de riqueza acarrearía un consumo aún mayor del agua, debido a la posibilidad de acceder a distintas formas de adquirirla, que no serían posibles sin un poder adquisitivo alto.

Sin embargo, este poder adquisitivo significa, como se ha comentado ya, un acceso a tecnologías más eficientes, posibilitando conservar el agua con técnicas más innovadoras y evitando su desperdicio, sobretudo en el sector agrícola, donde se emplea en una cantidad mayor dicho recurso. La agricultura es la clave de la explicación de esta hipótesis, puesto que es el sector que más agua consume, y a la vez un indicador del nivel de desarrollo de un país. Cuanto más desarrollada es una nación, mayor es su sector terciario, dejando atrás la agricultura y por ende, demandando menos recursos hídricos.

En línea con la teoría, el consumo de agua aumentaría en las primeras fases de desarrollo de una economía, coincidiendo con el auge de la agricultura, hasta llegar a la transición en la que se pasa a la industrialización, cayendo el consumo, hasta llegar a una economía terciaria donde no se requiere tantos recursos hídricos, siendo este patrón compatible con la posible existencia de una CKA para el agua.

En cuanto a la demostración empírica de la CKA, han sido un vasto número de estudios empíricos sobre dicha relación los que han contribuido a la literatura económica en los últimos años. El análisis de cómo la renta influye en el nivel de emisiones atmosféricas encabeza el número de estudios publicados¹. De todas formas, continúan surgiendo estudios que desmontan su existencia (Carson et al., 1997; Grossman y Krueger, 1993 y 1995, Torras y Boyce, 1998; Vincent, 1997). También hay discrepancias con la forma que la curva puede tener, como Moomaw y Unruh (1997) que encontraron la relación en forma de N, otros incluso detectando contaminantes que no llegan nunca al punto de inflexión.

¹ algunos trabajos como los de Antweiler et al., 2001; Bradford et al., 2000; Cole et al., 1997; Grossman, 1995; Holtz-Eakin y Selden, 1995; Panayotou, 1993; Selden y Song, 1994 o Shafik, 1994.

Con respecto a estudios que examinan el uso de agua, la literatura es más limitada. Pocos autores han examinado cómo el consumo del agua se correlaciona con el ingreso nacional, y de ellos, podemos decir que la mayoría encuentra una relación de U invertida (Katz, 2014). Cabe destacar a Cole (2004) y Duarte et al, (2013) cuyos trabajos han demostrado la forma U-invertida en las extracciones nacionales de agua per cápita, aunque la forma de la curva y los puntos de inflexión difieren entre ambos estudios. Asimismo, cabe mencionar a Jia et al (2006) que si hallaron la CKA para el uso de agua industrial para la mayoría de los países de la OCDE.

Por otro lado, Gleick (2003) no descubrió la relación con un conjunto de datos de extracciones e ingresos nacionales de agua per cápita. Rock (1998) elaboró el primer estudio para extracciones de agua, si bien fue pionero, algunos autores encontraron discrepancias con la elección del modelo de regresión utilizado. Destacamos también la constatación de la hipótesis para tierras de regadío en países tropicales (Bhattarai; 2004) y para extracciones de agua agrícola en Estados Unidos (Goklany; 2002).

En resumen, solo unos pocos estudios han intentado considerar el uso del agua como una función del ingreso a nivel nacional o estatal y la mayoría de ellos reivindican haber encontrado algún tipo de relación de tipo U invertida, planteando, no obstante, preguntas sobre la solidez de tales hallazgos (Katz 2014).

Como se puede elucidar a través de la revisión de la literatura, los cuantiosos estudios publicados hasta la fecha muestran resultados muy dispares. Las posibles diferencias se deben encontrar en la elección de los indicadores y en la utilización de datos. Se puede afirmar pues, que no existe una conclusión contundente del cumplimiento de la CKA y el debate sigue abierto aún en nuestros días.

CAPITULO III: CASO DE ESTUDIO

En este apartado se va a describir las variables utilizadas en el análisis econométrico, además de evaluar las características sectoriales de los países seleccionados. Dentro de la Unión Europea, se han seleccionado diecisiete países miembros: Bélgica, República Checa, Dinamarca, Alemania, Estonia, España, Francia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Polonia, Eslovenia, Eslovaquia, Suecia y Reino Unido.

La razón de su elección se debe, por una parte, a ser los países de los que existe información disponible, y por otra, al ser las naciones más representativas de las regiones que posee Europa.

Si bien es cierto que dentro de la Unión Europea existen muchas semejanzas entre sus países, además de normas y acuerdos comunes para lograr objetivos comunitarios, en ella hay diversas diferencias, tanto culturales como económicas, que en la muestra seleccionada se reflejan notoriamente. En este apartado se analizarán las variables a partir de las cuales se podrá observar dicha diversidad, y los patrones que hay entre ciertos grupos de países.

3.1 Fuentes Estadísticas

Los datos se han obtenido de la Oficina Estadística de la Comisión Europea, más conocida como Eurostat.

Las series de datos plasmadas en este documento abarcan el periodo de 1995 a 2014, siendo 20 observaciones anuales. Las variables seleccionadas para nuestro estudio son: el Producto Interior Bruto per Cápita (PIB pc) a precios de mercado, la precipitación, la abstracción total bruta de agua dulce superficial y subterránea, así como la población, con la que se ha calculado el consumo de agua per cápita.

Tabla 3.1 Unidades medida variables

PIB per cápita	<i>Euros per cápita a precios corrientes</i>
Consumo agua per cápita	<i>Millones de metros cúbicos por persona</i>
Precipitación	<i>Millones de metros cúbicos</i>

Algunos datos sobre la abstracción bruta de agua han sido estimados mediante el procedimiento de interpolación lineal, debido a la existencia de vacíos en ciertos años y países.

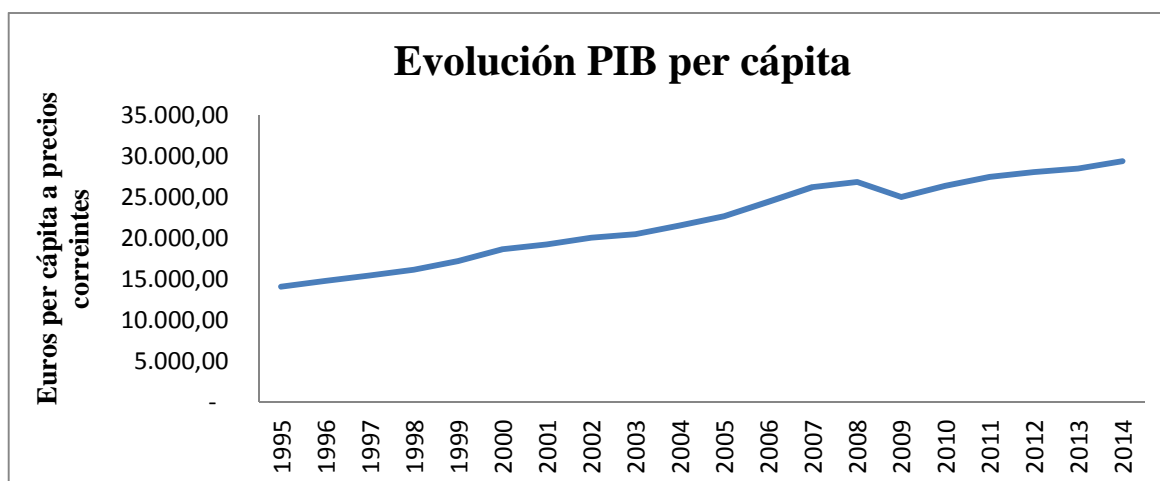
En el posterior modelo econométrico, la precipitación será la variable de control, con la intención de plasmar las diferencias en las condiciones climatológicas de nuestra muestra.

3.2 Aspectos económicos y estructurales

En las investigaciones y trabajos económicos de la CKA se estudia la renta per cápita como variable independiente, siendo ésta indicador de la renta y la prosperidad de una

nación, por ello es de gran relevancia analizar el PIB per cápita de los países seleccionados. Se puede observar en el gráfico una evidente tendencia creciente, con una clara alteración en el año 2009, debido a la gran crisis económica que se vivió en todo el mundo, y que afectó notablemente también a la Unión Europea. A pesar de ello, se ha seguido una senda de crecimiento económico durante este periodo.

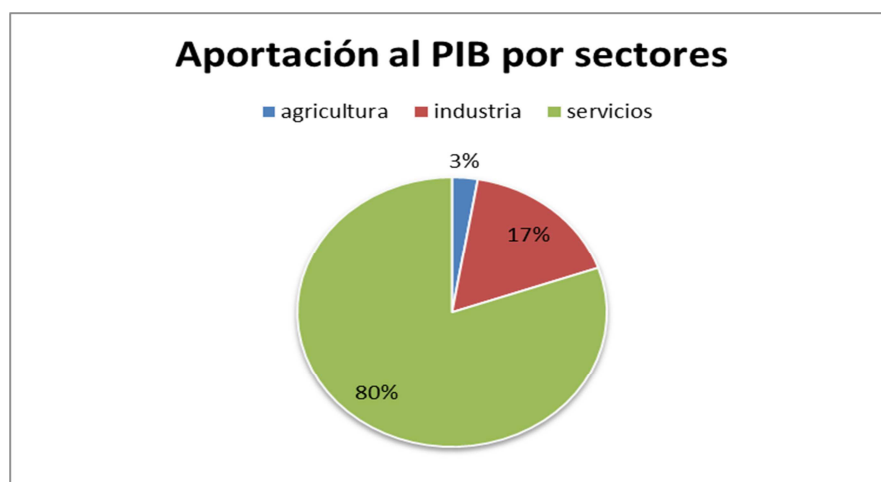
Figura 3.2 Pib per cápita



Fuente: Elaboración propia a partir datos Eurostat

En nuestra selección, son los países de la Europa más occidental y nórdica los que destacan por su mayor renta por habitante (grafico anexo I), existiendo grandes diferencias con sus vecinos del este, pese a ello, el conjunto presenta en dicho periodo un moderado crecimiento, recuperándose levemente de la recesión anteriormente comentada.

Figura 3.2 Estructura sectorial, año 2014

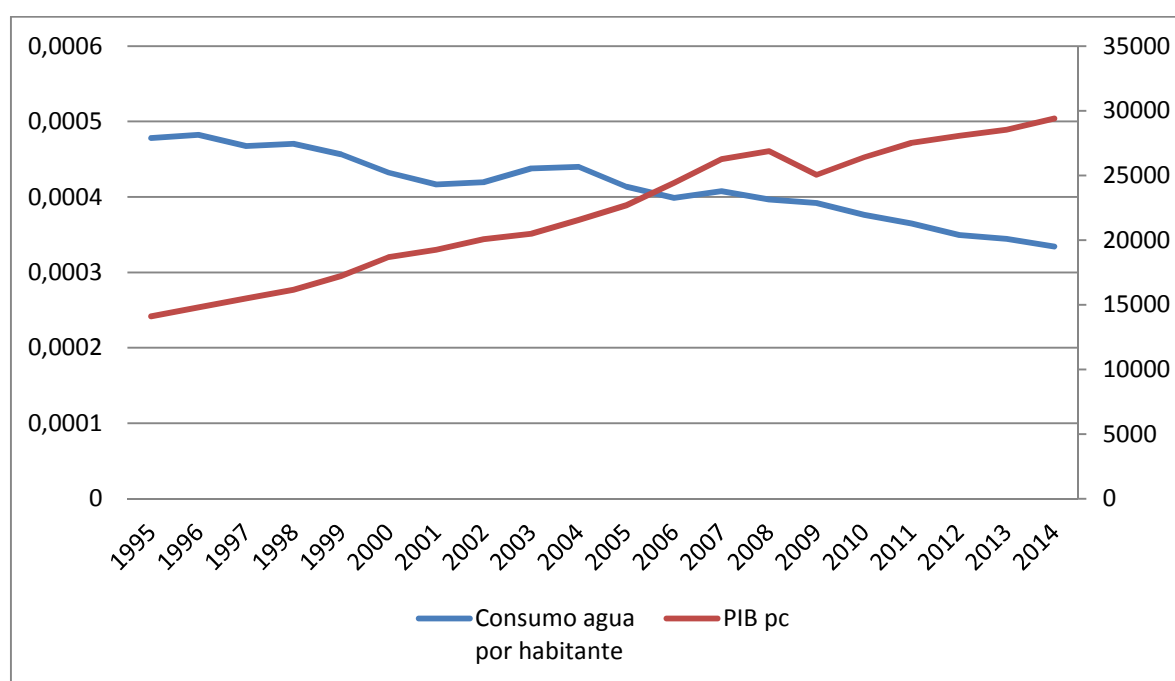


Fuente: Elaboración propia a partir datos Banco Mundial

Con respecto a la estructura económica sectorial, se advierte en el gráfico 3.2 una estructura terciaria en ellos, siendo la primordial aportación a la economía el sector servicios, característica propia de los países desarrollados, que en línea a Grossman y Krueger (1991) se puede deber por el efecto composición asociado al crecimiento económico.

En este análisis resulta muy interesante plasmar en un gráfico la relación entre consumo de agua y renta per cápita de los países seleccionados. En la Figura 3.3, se observa una evolución contrapuesta de tendencias, existiendo en el año 2009 un cambio significativo, donde el consumo por habitante disminuye pese al continuo aumento de la renta por habitante.

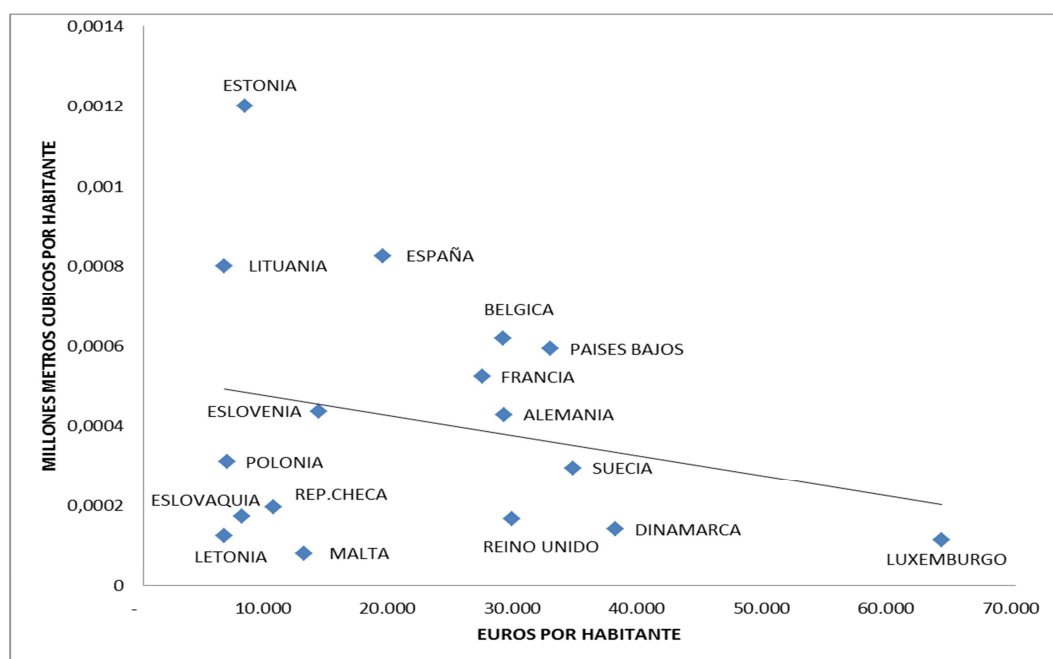
Figura 3.3 Evolución del PIB y el consumo de agua per cápita para el periodo 1995-2014



Fuente: Elaboración propia a partir de datos Eurostat

Con la intención de analizar la correlación entre nuestras variables, se elaboró posteriormente un diagrama de dispersión, (Figura 3.4). De él, extraemos varias afirmaciones que comentamos a continuación.

Figura 3.4. Diagrama de dispersión relativo al periodo 1995-2014



Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, existe una correlación negativa o inversa entre las variables, es decir, a medida que un país es más rico, menos recursos hídricos consume.

En segundo lugar, se aprecian grupos de países cuya relación renta-consumo de agua siguen un patrón muy parecido, siendo muy evidente el contraste de los países nórdicos en relación a los de Europa del este.

Puede verse también como hay dos valores atípicos en la gráfica, uno de ellos corresponde con el país de Estonia, cuyo consumo parece desmesurado atendiendo a las características climatológicas y estructurales de su economía, y el otro corresponde a Luxemburgo. Este último posee una de las rentas per cápita más altas del mundo, siendo la mayor de Europa, y un consumo de agua bastante reducido. Al ser una nación con gran crecimiento económico, donde gran parte de su fuerza de trabajo reside en sus países vecinos², nos lleva a pensar que su ínfimo consumo de agua se debe a su peculiar estructura demográfica.

3.3. Evolución histórica

A continuación exponemos la evolución histórica de las características relevantes a nuestro estudio para el periodo 1995-2014. En vista de los patrones encontrados en la

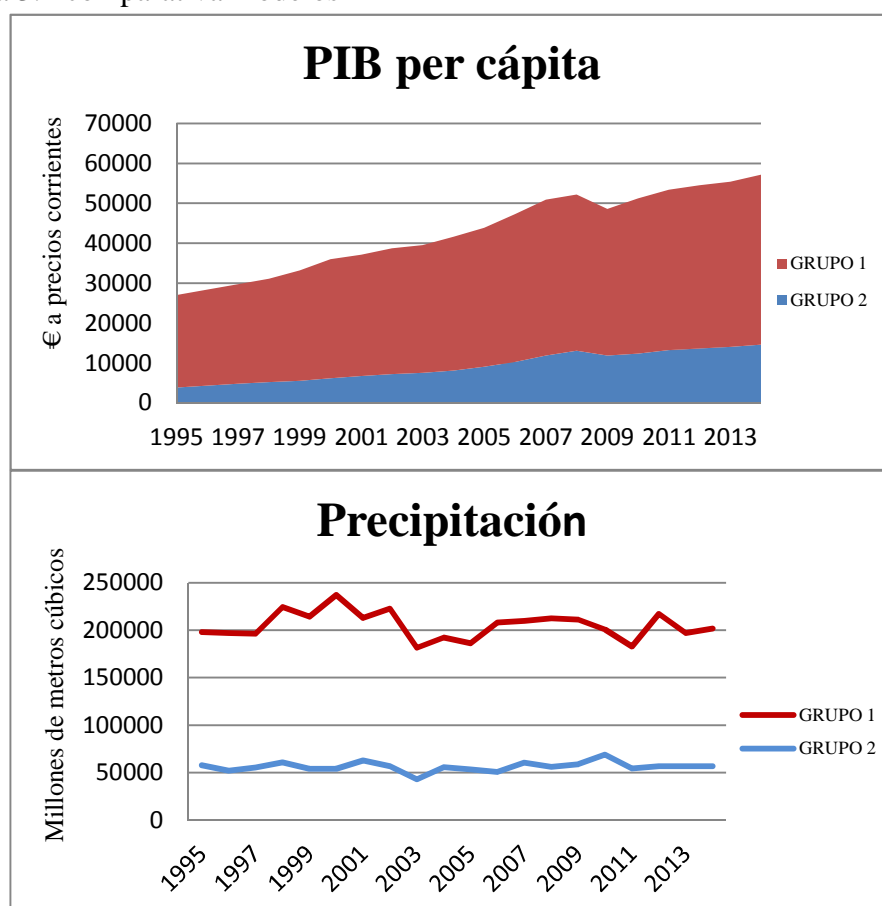
² Su situación fronteriza, estratégica en Europa, además de sus bajos impuestos fiscales, hace que grandes compañías internacionales asienten sus empresas y complejos financieros, siendo las finanzas un 28% de su PIB (Datos Banco Mundial).

anterior gráfica, parece interesante dividir la muestra en función de renta per cápita de los países, para así abordar más detalladamente sus características.

Nuestro punto de referencia va a ser la renta per cápita de..... que equivale a España. Los países cuya renta es superior son el formado por Reino Unido, Alemania, Países Bajos, Suecia, Dinamarca, Bélgica, Francia, Luxemburgo y España (que a partir de ahora llamaremos Grupo1), y por el contrario, el grupo 2 lo conforman Malta, Eslovenia, Eslovaquia, Lituania, Estonia, Letonia, Republica Checa y Polonia.

Tal y como puede apreciarse en la Figura 3.4, el grupo 1 presenta las rentas más altas, siendo su poder adquisitivo notoriamente superior a los demás. Plasmamos de igual forma la precipitación media en dicho periodo. En él vemos que la media se va manteniendo en el tiempo y el acentuado contraste de volúmenes de precipitación entre los dos grupos.

Figura 3.4 comparativa modelos

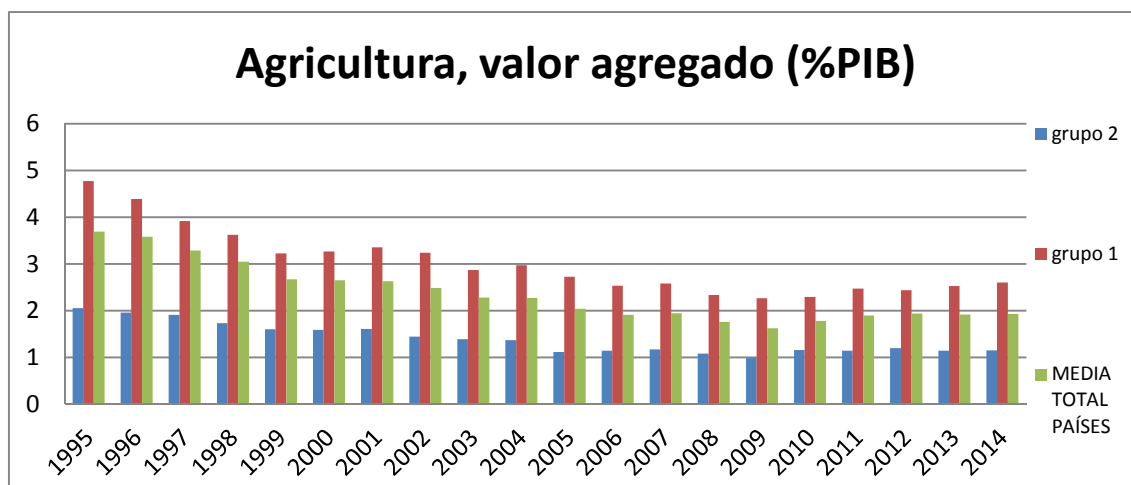


Fuente: Elaboración propia a partir de datos Eurostat

Asimismo, en el Gráfico 3.5, se advierte un porcentaje reducido de la agricultura, destacando por ser inferior incluso a la media de la selección. Por el contrario, el grupo

2 presenta un significativo porcentaje de participación agraria al PIB, aunque cabe destacar su marcada evolución decreciente, pasando del 4,77% en 1995 al 2,60% en 2014. Como se ha comentado antes, la cuantía de la actividad agraria denota cómo es el grado de desarrollo industrial y socioeconómico, puesto que nos lleva a pensar que los países del grupo 2 no alcanzan el nivel de desarrollo de los otros.

Figura 3.5. Evolución comparativa de los grupos 1 y 2 en el periodo 1995-2014

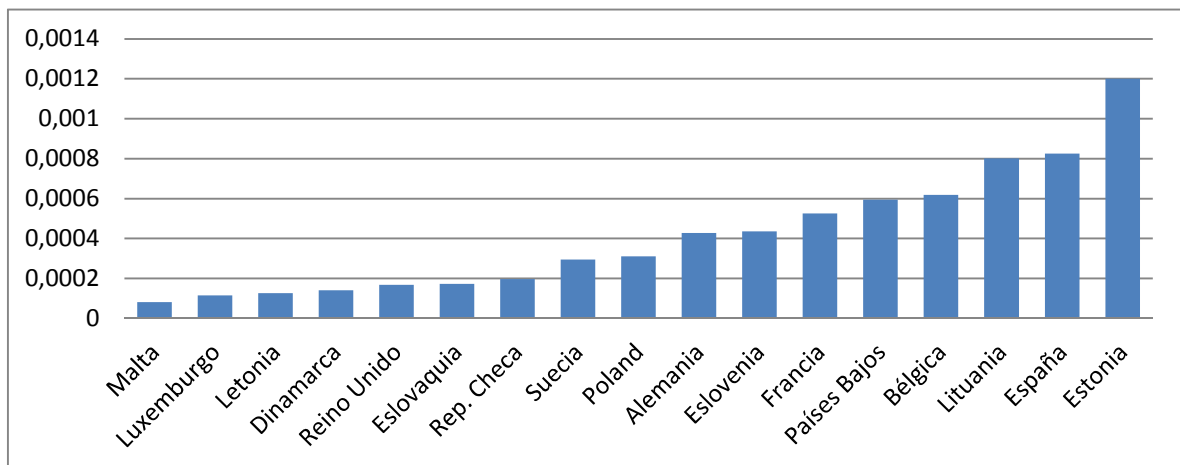


Fuente: Elaboración propia

Posteriormente representamos en la Figura 3.5 los consumos de agua por habitante en el periodo 1995-2014, no apreciando en él ninguna prevalencia de consumo entre un grupo y otro. Sin duda son datos llamativos, que no logramos vincular con las variables de nuestro estudio. Las naciones con superiores millones de metros cúbicos de media por habitante no destacan por la extensión del sector agrícola, ni tampoco presentan importantes volúmenes medios de precipitación. En vista de ello, la causa podría deberse a otros factores, como los político-económicos o las condiciones climáticas⁴, que se escapan al alcance de nuestro estudio.

En base al gráfico, es importante tener en cuenta que los factores demográficos (el tamaño poblacional, la distribución en el territorio o incluso la disparidad entre zonas urbanas y rurales, etc.) también afectan a la demanda de agua (Gleick, 2018). La razón de ello es obvia, el auge de la población junto con su creciente capacidad adquisitiva, genera mayor estrés en la demanda de los recursos hídricos.

Figura 3.5. Consumo medio de agua por habitante en el periodo 1995-2014



Fuente: Elaboración propia a partir datos Eurostat

La población de estos países ha aumentado, a lo largo de los 19 años de nuestro periodo, una media de 6,324% (anexo I). Se trata de un incremento muy reducido, una peculiaridad que es bastante común en los países del continente. A este respecto, es importante tener en cuenta que el tamaño poblacional está implícito en nuestro modelo ya que hemos calculado las variables en términos per cápita.

CAPITULO IV: ESTIMACIÓN ECONOMÉTRICA DE LA CKA

La metodología utilizada para contrastar la CKA es bastante similar en todos los estudios empíricos, compartiendo características en la metodología. La forma reducida que muestra asociación entre la degradación medioambiental y la riqueza es:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + \beta_2 x_t^2 + u_t$$

Las posibles relaciones que surgen de nuestra ecuación son:

- i) $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$, no existe relación entre crecimiento económico y degradación ambiental
- ii) $\beta_1 > 0$ y $\beta_2 = 0$. Relación creciente entre x_t e y_t
- iii) $\beta_1 < 0$ y $\beta_2 = 0$. Relación decreciente
- iv) $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$. Relación en forma de U invertida (CKA)
- v) $\beta_1 < 0$, $\beta_2 > 0$. Relación en forma de U.

De la combinación iv se obtiene el punto de inflexión elucidado por Grossman y Krueger (1991), expresado en esta fórmula:

$$X^* = -\frac{\beta_1}{2\beta_2}$$

Para nuestro estudio, especificamos un modelo econométrico en términos de logaritmos:

$$\text{Log } y_{it} = \beta_0 + \log (\beta_1) + \log (\beta_2)^2 + \log (\beta_3) + u_{it}$$

Emplearemos una aproximación log-log. Nuestra variable endógena (y_{it}), objeto de estudio, es el consumo de agua per cápita, representando la variable del deterioro ambiental. En la parte sistemática, las variables explicativas son el logaritmo del PIB per cápita (x_t), su cuadrado (x_t^2) y por último como variable adicional, el logaritmo de la precipitación. Por lo tanto, la precipitación será la variable de control, la cual tratará de plasmar las diferencias en las condiciones climatológicas de nuestra muestra. Por último, el término de la perturbación aleatoria (u_i) abarca otras variables no recogidas que pueden ser relevantes en el modelo.

El método elegido para estimar es el de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) para el periodo 1995-2014.

4.1 Modelo 1

En primer lugar, la tabla 4.1 muestra los resultados de la estimación para la muestra completa usando como variables explicativas el PIB por habitante y su cuadrado, así como el volumen de precipitaciones de los países.

Tabla 4.1: Modelo 1 estimado por MCO con desviaciones robustas a autocorrelación

<i>T=20</i>	coeficiente	desv.típica	estadístico-t	p- valor
constante	-49.0574	17.6943	-2.772	0.0136**
l_PIB pc	9.03045	3.51381	2.570	0.0206**
l_PIB pc2	-0.476252	0.178093	-2.674	0.0166**
l_precipitacion	-0.118688	0.0979521	-1.223	0.2391
R²	0.907321	R² corregido	0.889944	

Los signos de los parámetros del modelo estimado apuntan a que el consumo de agua tiende a crecer con la renta, pero después se revierte al aumentar el PIB por habitante, siendo esto compatible con una CKA. Asimismo, un aumento del 1% de las precipitaciones supone un 0.11% de caída de las retiradas de agua en la Unión Europea.

Si nos fijamos en el p-valor, se observa que el PIB pc y su cuadrado son inferiores a 0,05, es decir, estas variables explicativas son significativas al nivel del 5%, al igual que la constante. Con respecto a la variable precipitación, no presenta significatividad ni para un nivel del 10%.

A continuación se analiza el modelo más exhaustivamente. En primera instancia evaluamos un análisis de significatividad conjunta o análisis de la varianza:

$H_0 = \beta_2 = \beta_3 = 0$; no hay significatividad conjunta

$H_A = \beta_2 \neq \beta_3 \neq 0$; si hay significatividad conjunta

Como sabemos, el p-valor nos informará que hipótesis debemos aceptar. Trabajamos con un nivel de significación del 5%. La decisión se hará de acuerdo con la siguiente regla:

- si $p_v < \text{nivel significatividad}$, rechazo H_0
- si $p_v \geq \text{nivel significatividad}$, no rechazo H_0

En este caso, el valor p (de F) es de 6.60e-10, mucho más pequeño que 0,05, así que rechazamos H_0 , esto es, existe significatividad conjunta. Esto implica la existencia de una relación significativa entre las variables explicativas y la variable endógena a un nivel de significación del 5%.

Otro indicador del ajuste del modelo es el coeficiente de determinación (R^2), el cual mide la capacidad explicativa del modelo. En nuestro caso nos señala que el 90% de la variable dependiente, consumo de agua per cápita, está explicada por las variables del modelo.

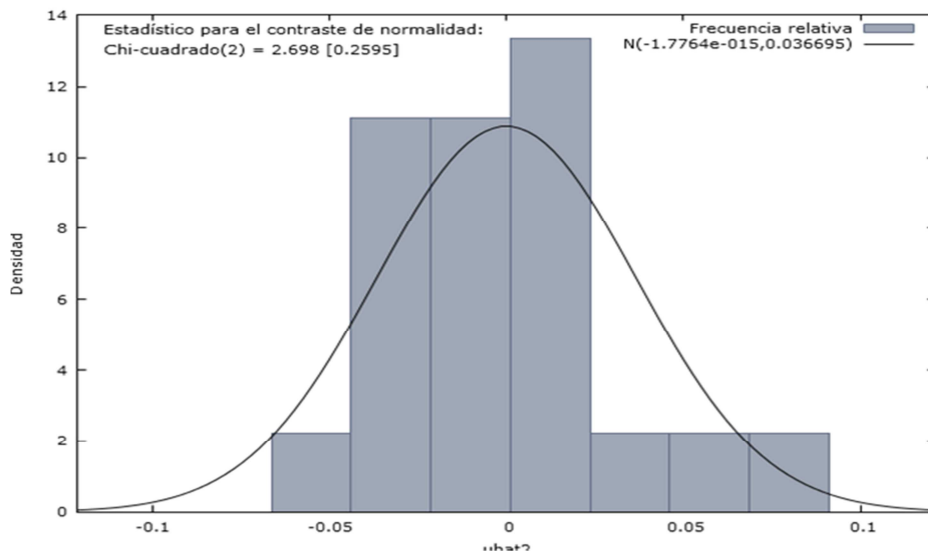
Adicionalmente, analizamos el contraste Reset de Ramsey:

Sirve para comprobar si el modelo está correctamente especificado. El p-valor para el estadístico de contraste ($F = 4.407387$) es de 0,0328. Valor inferior a 0,05. Por ello rechazamos la hipótesis nula *de forma funcional correcta*, lo que nos indica que el modelo no está bien especificado. Esto puede deberse a que existen variables omitidas relevantes, o la inclusión de alguna variable irrelevante.

A continuación se realiza el contraste de White, el cual nos indica si existe heterocedasticidad, es decir, si la varianza no es constante. Obtenemos un p-valor de 0,773, mayor que el nivel de significación, es decir, el residuo de la especificación es heterocedástico.

Por último, el contraste de normalidad de los residuos indica que el residuo no sigue una distribución normal.

Figura 4.1. Histograma frecuencias residuos modelo



El p-valor es muy superior a 0,05, lo que muestra que hay mucha evidencia a rechazar la hipótesis nula. Ello se observa claramente en la gráfica, evidenciando un problema de especificación, que el contraste de Reset ya nos anunciaba.

Para concluir el análisis de este primer modelo, hemos obtenido un $\beta_1 > 0$ y $\beta_2 < 0$, sabemos que tenemos una parábola con forma de U-invertida, siendo interesante el cálculo del punto crítico.

Para hallarlo debemos usar derivadas, siendo nuestra ecuación:

$$\frac{d \log AGUA_{pc}}{d \log PIB_{pc}} = \beta_1 + 2\beta_2 \log PIB_{pc}$$

Al sustituir los parámetros por los valores estimados y sustituir obtenemos un $\log PIB_{pc}^* = 9,4807$, es decir, $e^{9,4807}$. Por lo tanto, el consumo de agua parece crecer hasta el valor de 13.104,97 euros per cápita, y a partir de este valor, disminuye. Es decir, este es el punto de inflexión de la CKA para la Unión Europea.

Este valor es inferior al primer dato correspondiente a 1995, ($\log_ PIB_{pc}^* = 9,4807 < \log_ PIB_{pc} = 9,5535$) siendo equivalente a 14.094,12 euros per cápita. Lo que nos lleva a pensar que los países de nuestra muestra ya han superado el punto crítico, posicionándose en la fase decreciente de la curva, provocando que aumentos en la renta mitiguen el consumo de agua.

4.2 Modelo 2

Teniendo en cuenta la posibilidad de haber introducido una variable irrelevante en el modelo 1, vamos a estimar un nuevo modelo anulando la variable precipitación, considerando únicamente el PIB per cápita al cuadrado y al cubo, es decir, una versión simplificada de la CKA.

Tabla 4.2. Resultados estimación MCO con desviaciones robustas modelo 2

T=20	coeficiente	desv.típica	estadístico-t	p- valor
constante	-48.9636	19.9448	-2.455	0.0252**
l_PIB pc	8.72738	4.03956	2.160	0.0453**
l_PIB pc2	-0.460910	0.204410	-2.255	0.0376**
R²	0.902426	R² corregido	0.890947	

Los parámetros de este modelo son también significativos al 5%, presentando a la vez un coeficiente de determinación alto. Con respecto a los demás contrastes, nos encontramos una situación similar.

Seguimos obteniendo una significatividad conjunta, además de un p-valor de 0,0142 en el contraste de especificación Reset. Tampoco hallamos homocedasticidad y no existe normalidad en la distribución de los residuos.

Pese a que en el modelo 1 el p-valor de la variable explicativa precipitación no contenía especificación ni siquiera al 10%, al estimar un modelo sin ella nos encontramos con los mismos problemas. Este hecho puede resultar de la pérdida de eficiencia del estimador MCO, el cual es insesgado.

4.3 Modelos 3 y 4

Como hemos señalado en el capítulo 3, existen diferencias entre los países de nuestra selección, por ello resulta interesante estimar nuestro modelo inicial para los dos grupos por separado.

Tabla. 4.4. Comparativa estadísticos más importantes

Grupo 1	Media	Valor mínimo	Valor máximo	Desv. Típica
<i>PIB per cápita</i>	33682	23200	42556	6280
<i>Consumo agua per cápita</i>	0.0004122	0.0003357	0.0004595	3.692e-005
<i>Precipitación</i>	2,05E+08	1,82E+08	2,37E+08	14474

Grupo 2	Media	Valor mínimo	Valor máximo	Desv. Típica
<i>PIB per cápita</i>	9168	3950	14612	3646
<i>Consumo agua per cápita</i>	0.0004157	0.0003321	0.0005200	5.683e-005
<i>Precipitación</i>	56.373,00	43.172,00	69.037,00	5100

Para el grupo 1 el modelo quedaría de la siguiente forma:

$$L_Aguapc = -128.7 + 23.94 * l_PIBpc - 1.175 * l_PIBpc^2 - 0.06 * l_precip$$

Y para el grupo 2:

$$L_Aguapc = -5.74 + 0.011 * l_PIBpc - 0.016 * l_PIBpc^2 - 0.074 * l_precip$$

En ambos hemos seleccionado que las desviaciones típicas sean robustas, con la finalidad de obtener estimadores más fiables, pero, aun así, para el grupo 2 ninguna variables es significativa individualmente, y para el grupo 1 lo son todas menos la precipitación.

A continuación, exponemos en la Tabla los resultados de los contrastes más relevantes, comparando los tres últimos modelos:

Tabla 4.2 Comparativa de los modelos

(T = 20)			
Contraste	MODELO 2 sin variable control precipitación	GRUPO 1	GRUPO 2
Forma funcional RESET H ₀ : Especificación adecuada H _a : Especificación inadecuada	0.0142	0.00298	0.327
Contraste heterocedasticidad White H ₀ : Modelo homocedástico H _a : Modelo heterocedástico	p-valor 0.709892	0.354641	p-valor 0.761777
Contraste heterocedasticidad Breusch-Pagan H ₀ : Modelo homocedástico H _a : Modelo heterocedástico	p.valor 0.372755	0.348417	p-valor 0.503775
Contraste de Normalidad H ₀ : regresores distribución			

normal Ha : regresores no siguen distribución normal	p-valor 0.57206	0.57140	p valor 0.60624
R²	90,24%	93,97%	81,35%
R² CORREGIDO	89,09%	92,84%	77,85%

Fuente: elaboración propia Excel y datos Gretl.

En cuanto a nuestros contrastes, se puede apreciar que seguimos obteniendo los mismos resultados.

Al realizar la estimación con y sin precipitación, y no observar cambios en la problemática, nos lleva a pensar que el modelo básico está mal especificado por omisión de alguna variable relevante. Este sesgo por variables omitidas ha sido explicado por Stern y Common (citados en Díaz-Vázquez, 2007) que nombran las posibles causas, entre ellas la autocorrelación, la cual es visible en la no independencia de nuestros términos de error, siendo ésta una problemática usual en muestras de series de tiempo.

Pese a que los datos de consumo de agua han ido mejorando con los años, nuestros resultados están sesgados. Sería necesario realizar una estimación MCO con una serie temporal más grande, para apreciar qué ocurre con en años anteriores 1995.

CAPITULO V: CONCLUSIONES

Este trabajo ha tenido como objetivo contrastar el cumplimiento de la curva ambiental de Kuznets, relacionando la renta per cápita y el consumo de agua en el periodo 1995-2014, en diecisiete países miembros de la unión europea.

Resulta interesante comprobar en nuestros modelos la existencia de una relación entre renta y consumo por habitante no lineal. En términos relativos a la teoría, nuestra muestra presenta un descenso del uso de agua mientras la renta aumenta, aunque por desgracia no podemos evidenciar una CKA debido a la poca representatividad de nuestro modelo.

Como Cancelo y Díaz-Vázquez (2010) manifestaron, la relación de la CKA es susceptible a la muestra elegida de países, al periodo de la muestra y a las técnicas de estimación escogidas. Sería por ello necesario estimar un modelo con un espectro temporal más amplio, o incluso analizar cada país individualmente, ya que estamos ante naciones con características y factores propios muy diferenciados. Además, existe una

alta posibilidad de haber omitido variables relevantes en el análisis. En línea con la literatura, la hipótesis de la CKA asume que el ingreso influye en variables como la política ambiental y la tecnología pero algunos autores como Torras y Boyce (2008) señalan que la regulación ambiental el factor que influye para reducir el impacto medioambiental de la fase decreciente de la curva. Por ello, modelos que recojan el impacto o el nivel de regulación política de los países serían más acertados y completos para el estudio.

En base a los datos observados, hay una tendencia positiva hacia un consumo hídrico menos agresivo y dañino para la futura sustentabilidad. Aun así, como señala el IPCC (2014, Synthesis Report) *“las políticas en materia de agua están creadas e implantadas con la idea preestablecida de que el ciclo hidrológico y climático son estáticos a largo plazo”* y desde el contundente fenómeno del cambio climático, las condiciones ambientales han cambiado notablemente, sobre todo en nuestro continente. Por ello, es de especial importancia que las instituciones encuentren la manera de adaptar sus políticas en materia ambiental a la situación a la que nos enfrentamos en nuestros días.

BIBLIOGRAFÍA

ARROW, K.; BOLIN, B.; CONSTANZA, R.; DASGUPTA, P.; FOLKE, C.; HOLLING, C.S., et al. (1995): "Economic growth, carrying capacity, and the environment". *Ecological Economics*, N°15(2), páginas 91-95.

BECKERMAN, W. (1992): "Economic growth and the environment: Whose growth? Whose environment?". *World Development*, Vol. 20, N° 4, páginas 481-496.

CANTOS, J (2011) "Las energías renovables en la Curva de Kuznets Ambiental: Una aplicación para España", páginas 1-32

COLE, M.A. (2004). "Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages". *Ecological Economics*, Vol. 48, N° 1, páginas 71-81.

COLE, M.A.; ELLIOTT, R. y FREDRIKSSON, P (2004): "Endogenous Pollution Havens: Does FDI Influence Environmental Regulations?" *Leverhulme Centre for Research on Globalisation and Economic Policy*, N° 20, páginas 1-25.

DINDA, S. (2004): "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey" *Ecological Economics*, N°49, páginas 431-455.

DUARTE, R; PINILLA, V.; SERRANO, A (2013) "Is there an environmental Kuznets curve for water use? A panel smooth transition regression approach"

GLEICK, P (2018) "Transitions to freshwater sustainability"

GROSSMAN, G. y KRUEGER, A. (1991): "Environmental impacts of North American free trade agreement". *Cuadernos de economía*, Vol. 35, N° 97, páginas 43- 54.

KATZ, D (2015) "Water use and economic growth: reconsidering the Environmental Kuznets Curve Relationship"

KUZNETS, S. (1955): "Economic growth and income inequality". *American Economic Review* N° 49, páginas 1-28.

MIGLIETTA, PP.; DE LEO, F; TOMA, P (2017) "Environmental Kuznets curve and the water footprint: an empirical analysis"

PANAYOTOU, T. (1993): "Empirical Test and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development". Working Paper WP238 Technology and Employment Programme, Geneva: International Labour Office.

SELDEN, T., SONG, D. (1994): "Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emission?". Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 27, N° 2, páginas 147-162.

SHAFIK, N. y BANDYOPADHYAY, S. (1992): "Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence". Policy Research Working Paper, World Development Report, WPS 904.

ZILIO, M. (2012): "Curva de Kuznets ambiental: la validez de sus fundamentos en países en desarrollo". Cuadernos de economía N° 35, páginas 43-54.

WEBGRAFIA

CONVENCIÓN MARCO DE NACIONES UNIDAS (1992) «
https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf»

de 23 de octubre de 2000 <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2000-82524>

DIRECTIVA 2000/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO
FACTORES QUE INDICEN EN EL USO DE AGUA
<file:///C:/Users/usuario/Downloads/511-512-1-PB.pdf>

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Acuerdos Internacionales (acuerdos sobre el cambio climático y otros tratados).
«https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/es/tssts-13-4.html»

LUXEMBURGO ECONOMIA https://www.luxinnovation.lu/wp-content/uploads/sites/3/2017/10/web_es_brochure_eco_lux_0118_cdc.pdf

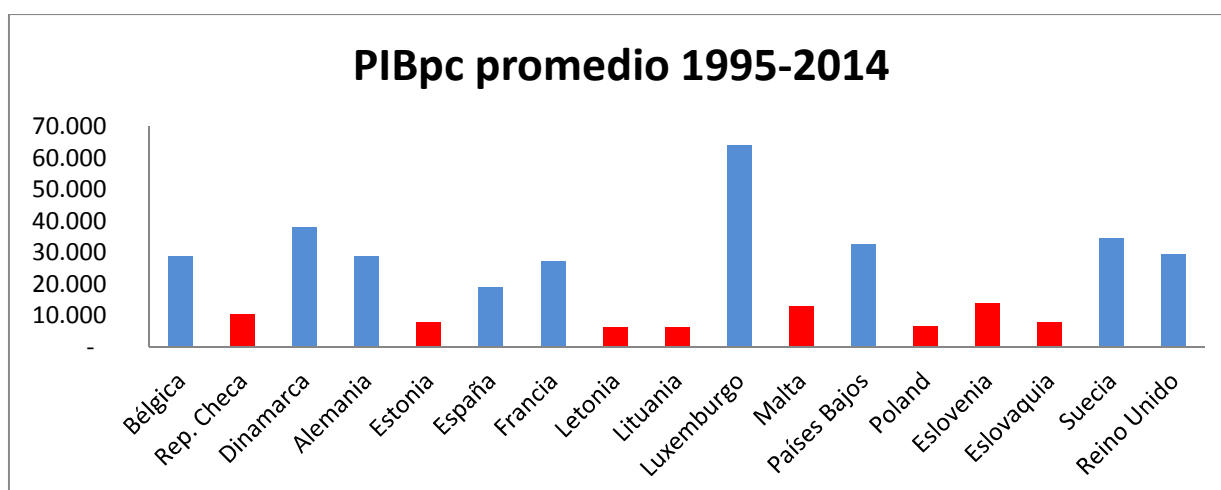
ONU, POBLACIÓN EUROPEA <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>

Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambio climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad.
https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf.

Soumyananda Dinda (2004), Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey.
Data. [online] Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800904001570>.

UNWWAP (2018) “The united nations World Water Development Report: Water for a Sustainable World”

ANEXO I



Cálculo aumento población

	1995	2014
Bélgica	10.130.574	11.180.840
Rep. Checa	10.333.161	10.512.419
Dinamarca	5.215.718	5.627.235
Alemania	81.538.603	80.767.463
Estonia	1.448.075	1.315.819
España	39.639.726	46.512.199
Francia	59.315.139	66.165.980
Letonia	2.500.580	2.001.468
Lituania	3.642.991	2.943.472
Luxemburgo	405.650	549.680
Malta	376.433	429.424
Países Bajos	15.424.122	16.829.289
Poland	38.580.597	38.017.856
Eslovenia	1.989.477	2.061.085
Eslovaquia	5.356.207	5.415.949
Suecia	8.816.381	9.644.864
Reino Unido	57.943.472	64.351.203
PROMEDIO	20.156.289	21.430.956

Usando la fórmula:
$$\frac{\text{Población media 2014} - \text{Población media 1995}}{\text{Población media 1995}}$$

Modelo 2 estimado por MCO

Contraste de heterocedasticidad de White
MCO, usando las observaciones 1995-2014 (T = 20)
Variable dependiente: uhat^2
Omitidas debido a colinealidad exacta: sq_l_PIBPC

	Coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	199.411	2176.95	0.09160	0.9282
l_PIBPC	-81.1857	877.514	-0.09252	0.9275
sq_l_PIBPC	12.3877	132.620	0.09341	0.9268
X2_X3	-0.839612	8.90642	-0.09427	0.9261
sq_sq_l_PIBPC	0.0213291	0.224258	0.09511	0.9255

ATENCIÓN: ¡Matriz de datos casi singular!

R-cuadrado = 0.107037

Estadístico de contraste: $\text{TR}^2 = 2.140741$,
con valor p = $P(\text{Chi-cuadrado}(4) > 2.140741) = 0.709892$

Contraste de heterocedasticidad de Breusch-Pagan
MCO, usando las observaciones 1995-2014 (T = 20)
Variable dependiente: uhat^2 escalado

	Coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	-267.574	702.645	-0.3808	0.7081
l_PIBPC	52.2216	141.491	0.3691	0.7166
sq_l_PIBPC	-2.53472	7.11965	-0.3560	0.7262

Suma de cuadrados explicada = 3.94733

Estadístico de contraste: LM = 1.973666,
con valor p = $P(\text{Chi-cuadrado}(2) > 1.973666) = 0.372755$